

## **Setting Koordinasi Proteksi *Distance Relay* pada Saluran Transmisi 150 KV Gardu Induk Isimu ke Gardu Induk Botupingge PT. PLN (Persero) Sistem Gorontalo**

*Disusun Oleh :*

**Muammar Zainuddin<sup>1</sup> dan Suherman<sup>2</sup>**  
Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik<sup>1</sup>  
Karyawan PT. PLN (Persero) Tragi Gorontalo<sup>2</sup>  
Universitas Ichsan Gorontalo (UNISAN)<sup>1</sup>  
Unit Gardu Induk Isimu<sup>2</sup>  
INDONESIA<sup>1,2</sup>  
[zmuammar@yahoo.co.id](mailto:zmuammar@yahoo.co.id)

### **ABSTRAK**

Saluran transmisi 150 kV sistem kelistrikan Gorontalo yang pada awalnya terisolir kini terinterkoneksi dengan sistem kelistrikan Minahasa (Sulawesi Utara). Penambahan saluran dan unit pembangkit baru berpengaruh besar pada *setting* ulang sistem proteksi yang digunakan. *Setting* ulang terhadap peralatan sistem proteksi untuk memaksimalkan kerja penyaluran energi listrik.

Proses *setting* dilakukan utamanya pada alat proteksi utama yaitu *Distance Relay* (DR). Relai jarak ini bekerja berdasarkan zona kerja. Zona kerja bertujuan untuk mengetahui titik lokasi gangguan di sepanjang saluran transmisi. Gangguan yang terjadi sepanjang saluran transmisi dapat diisolir dengan cepat. Penelitian ini dilakukan pada saluran transmisi yang menghubungkan Gardu Induk (GI) Isimu dengan GI Botupingge.

Hasil *setting* ini telah menemukan hasil terbaik yaitu ; GI Isimu Zona-1 sebesar  $6,882 < 74,31^0 \Omega$  (*instantaneous*), Zona-2 sebesar  $12,39 < 74,31^0 \Omega$  (0,4 *second*), Zona-3 sebesar  $20,64 < 74,31^0 \Omega$  (0,8 *second*). Pada GI Botupingge yaitu Zona-1 sebesar  $6,882 < 74,31^0 \Omega$  (*instantaneous*), Zona-2 sebesar  $14,77 < 74,31^0 \Omega$  (0,4 *second*), Zona-3 sebesar  $25,12 < 74,31^0 \Omega$  (0,8 *second*).

**Kata Kunci :** *Setting, Distance Relay, infeed, Instantaneous*

### **PENDAHULUAN**

Perkembangan sistem tenaga listrik saat ini yaitu terbentuknya sistem tenaga listrik yang terinterkoneksi (saling terhubung) antara satu pembangkit dengan pembangkit yang lainnya dalam satu wilayah/daerah. Pengembangan kedepannya adalah interkoneksi dengan beberapa pulau atau Negara. Tujuannya untuk meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik yang selalu dituntut untuk dapat menjaga mutu ketersediaan dan penyaluran daya listrik secara *Sustainable* kepada konsumen.

Realita yang terjadi saat ini masih terdapat banyak permasalahan. Permasalahannya yaitu sering kali terjadi pemadaman secara mendadak akibat adanya gangguan pada penyalurannya. Penyaluran

dari sistem transmisi hingga ke sistem distribusi. Menurut Abidin, F.A., dkk (2011) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa salah satu bagian terpenting dari setiap penyaluran daya listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban yaitu sistem transmisi yang berjarak puluhan sampai ratusan kilometer. Sistem transmisi pada umumnya merupakan saluran udara terbuka, sehingga kemungkinan terjadinya gangguan dan terputusnya suplai daya listrik juga akan semakin besar. Oleh karenanya dibutuhkan sistem proteksi yang memiliki keandalan yang tinggi.

Sistem proteksi pada saluran transmisi perlu mendapatkan perhatian yang serius dalam perencanaan dan operasionalnya. Sistem transmisi merupakan bagian sistem tenaga listrik sangat dinamis yang parameter

dan keadaannya berubah secara terus menerus terhadap waktu operasionalnya hal ini telah dikemukakan dalam penelitian Syafar,A.M. (2010). Menurutnya strategi pengamanan (*protection*) harus disesuaikan dengan perubahan dinamis tersebut dalam hal koordinasi relai proteksinya.Keandalan sistem proteksi dapat dilakukan dengan cara *setting* relai yang tepat. *Setting* relai guna mendapatkan koordinasi yang baik antara relai dengan *switch* pada saluran transmisi.Kordinasi relai proteksi untuk pengaman peralatan seperti transformator, generator dan peralatan lainnya.

Sistem relai proteksi pada saluran transmisi umumnya menggunakan *Distance relay*, *over current relay*,*Directional relay* dan *Ground fault relay* dengan pengaman utamanya adalah *Distance relay* (Blume,S.W., 2007). Menurut Anderson,P.M (1999) dalam bukunya menjelaskan bahwa relai proteksi pada fungsinya menghilangkan gangguan (*fault clearing*) dengan cepat membutuhkan perhitungan khusus dalam pengambilan keputusan operasionalnya. Menurut Kadir,A.(1998) dalam bukunya juga menjelaskan bahwa unjuk kerja peralatan sistem proteksi hanya sebesar 80% optimalnya yang dapat dilakukan, karena keterbatasan kecermatan kerja proteksi jarak akibat dari kesalahan pengambilan keputusan oleh Operator. Kesalahan ini dapat menyebabkan kekeliruan hingga 20 % yang dapat berakibat terhadap keandalan suplai daya listrik menurun.

Sistem proteksi telah digunakan pada saluran transmisi di Gorontalo. Saluran transmisi di Gorontalo yang telah terinterkoneksi dengan sistem Minahasa (Sulawesi Utara) adalah suatu konfigurasi baru. Sistem yang terdiri dari berbagai pusat tenaga listrik yang terhubung melalui saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV. Sistem tenaga listrik Gorontalo merupakan bagian dari wilayah kerja PLN Wilayah Sulutenggo yang mengemban tugas dan tanggungjawab dalam memberikan pelayanan kebutuhan listrik kepada masyarakat Gorontalo dan

sekitarnya. Sistem transmisi 150 kV di Provinsi Gorontalo dihubungkan oleh 4 Gardu Induk (GI) yaitu: GI. Boroko, GI. Isimu, GI. Botupingge dan GI Marisa. Dengan adanya sistem interkoneksi antara sistem kelistrikan di Minahasa dan sistem kelistrikan Gorontalo, serta penambahan dua unit pembangkit baru dan transmisi yang baru, tentunya akan menimbulkan beberapa masalah baru yang harus dapat segera diatasi. Menurut Aljufri, T.R, dkk (2011) dalam penelitiannya bahwa penambahan unit akan merubah konfigurasi sistem yang telah ada. Konfigurasi baru akan mempengaruhi dan merubah *setting* awal koordinasi sistem proteksinya. Berdasarkan uraian di atas maka dibuatlah penelitian mengenai *setting* ulang koordinasi proteksi *Distance Relay* pada saluran transmisi 150 kV Gardu Induk Isimu ke Gardu Induk Botupingge Sistem Gorontalo. Agar *setting* yang dihasilkan seoptimal mungkin diperoleh koordinasi proteksi yang handal.

## SISTEM PROTEKSI

Anderson, P.M (1999) mendefinisikan sistem proteksi pada penghantar adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengamankan atau mengisolir gangguan. Gangguan yang terletak pada saluran udara / saluran kabel tegangan menengah (SUTM), tegangan tinggi (SUTT) dan tegangan ekstra tinggi (SUTET). Gangguan yang bersifat temporer dan permanen yang terjadi pada penghantar tersebut. Proses meniadakan gangguan hubung singkat dalam sistem daya yang lebih modern dilakukan secara otomatis, yakni tanpa campur tangan manusia namun dibutuhkan analisa sebelum operasionalnya. Peralatan yang melakukan pekerjaan ini secara kolektif dikenal sebagai sistem perlindungan atau sistem proteksi (*protection system*).

Menurut Hewitson, L.G, dkk (2004), dasar komponen peralatan proteksi sistem tenaga listrik yaitu: Trafo *instrument*, *Relays*, dan *Circuit Breaker*, dengan kemampuan dasar yang harus dimiliki sistem proteksi tersebut adalah selektif,

stabil, cepat, dan sensitif. Khusus untuk relai adalah salah satu pengamanan saluran transmisi yang harus mempunyai kemampuan diatas. Kemampuannya juga harus dapat mendeteksi adanya gangguan pada semua keadaan. Relai akan memisahkan bagian sistem yang terganggu dengan yang tidak terganggu guna meminimalisir kerusakan.

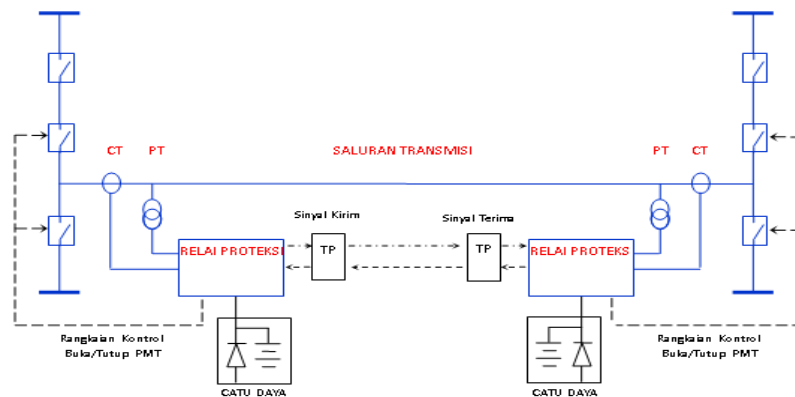
### 1. Komponen Sistem Proteksi

Terdapat tiga komponen dasar untuk perlindungan sistem

- Trafo Instrument (*Instrument Transformers*)
- Relai (*Relay*)
- Pemutus Jaringan (*Circuit Breaker*)

### 2. Komponen perlindungan sistem tersebut harus mempunyai ciri-ciri (Hewitson, L.G, dkk. 2004) :

- Reliability* yaitu sistem harus dapat beroperasi apabila terjadi gangguan walaupun telah digunakan dalam jangka waktu yang lama
- Selectivity* yaitu dapat membedakan antara gangguan (abnormal) dengan keadaan normal
- Fast* (Kecepatan) yaitu berfungsi dengan cepat apabila terjadi gangguan untuk meminimumkan waktu gangguan dan kerusakan.
- Economic* (Ekonomis) yaitu menyediakan perlindungan maksimum dengan biaya yang rendah.
- Easy* (*Mudah*) yaitu mudah proses pengoperasiannya.



Gambar 1. Peletakan Komponen Sistem Proteksi pada Saluran Transmisi  
(Sumber : Hewitson, L.G, dkk, 2004)

## RELAI JARAK (*DISTANCE RELAY*)

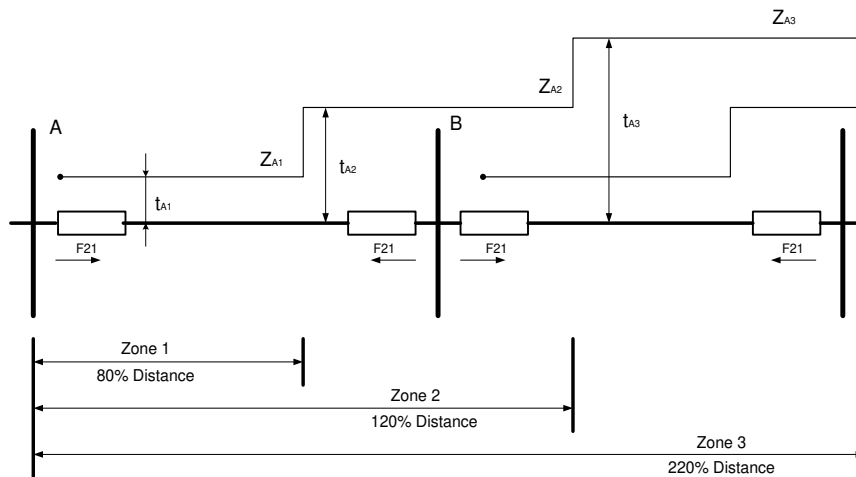
Relai adalah alat yang memproteksi sistem tenaga listrik dengan cara mendeteksi gangguan yang terjadi pada saluran dan akan memberikan komando (koordinasi) terhadap *switch* didepannya untuk memutuskan arus lebih yang menjadi penyebab gangguan. *Distance relay* adalah salah satu jenis proteksi penghantar yang bekerja berdasarkan perbandingan nilai setting impedansi terhadap impedansi pengukuran dari besaran arus pada trafo arus (CT) dan tegangan pada trafo daya

(PT). Nilai impedansi berdasarkan pada luas penampang dan panjang (jarak) saluran yang ada di saluran transmisi.

### 1. Prinsip Kerja *Distance Relay* (F21)

Relai jarak (*Distance Relay*) digunakan sebagai pengamanan utama (*main protection*) pada SUTT/SUTET dan sebagai *backup* proteksi untuk bagian didepannya. Relai jarak bekerja dengan mengukur besaran nilai impedansi ( $Z$ ) transmisi. Wilayah kerja relai ini dibagi menjadi beberapa daerah cakupan yaitu Zona-1, Zona-2, Zona-3, serta dilengkapi juga dengan teleproteksi (TP) sebagai upaya agar

proteksi bekerja selalu cepat dan selektif di dalam daerah pengamanannya (Yang, Z., 2006).



Gambar 2. Zona Pengamanan Relai Jarak  
 (Sumber : Blume, S.W., 2007)

Relai jarak mengukur tegangan pada titik relai dan arus gangguan yang terlihat dari relai, dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan (Vaidya, A.P., 2012). Perhitungan impedansi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Z_f = \frac{V_f}{I_f} \quad (3.1)$$

Dimana :  $Z_f$  = Impedansi (ohm)  
 $V_f$  = Tegangan (Volt)  
 $I_f$  = Arus gangguan

Relai jarak akan bekerja dengan cara membandingkan impedansi gangguan yang terukur dengan impedansi *setting*, dengan ketentuan :

- Bila harga impedansi gangguan lebih kecil dari pada impedansi *setting* relai maka relai akan *trip*.
- Bila harga impedansi gangguan lebih besar dari pada impedansi *setting* relai maka relai tidak akan *trip*.

## 2. Pengukuran Impedansi Gangguan Oleh Relai Jarak (Gilany, M., dkk, 2008)

Relai jarak sebagai pengaman utama SUTT/SUTET harus dapat mendeteksi semua jenis gangguan dan kemudian memisahkan sistem yang terganggu dengan sistem yang tidak terganggu. Gangguan tersebut meliputi :

- Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa. Impedansi yang diukur relai jarak pada saat terjadi gangguan hubung singkat tiga fasa adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{\text{relay}} &= V_R \\ I_{\text{relay}} &= I_R \\ Z_R &= \frac{V_R}{I_R} \end{aligned} \quad (3.2)$$

Dimana,  $Z_R$  = impedansi yang terbaca oleh relai  
 $V_R$  = Tegangan fasa ke netral  
 $I_R$  = Arus fasa

- Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa. Pengukuran impedansi untuk hubung singkat antar fasa S dan T adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{\text{relai}} &= V_S - V_T \\ I_{\text{relai}} &= I_S - I_T \end{aligned}$$

Sehingga,

$$Z_R = \frac{(V_S - V_T)}{(I_S - I_T)} \quad (3.3)$$

Tabel 1. Tegangan dan arus masukan relai

Fasa yang terganggu	Tegangan	Arus
R-S	$V_R - V_S$	$I_R - I_S$
S-T	$V_S - V_T$	$I_S - I_T$
T-R	$V_T - V_R$	$I_R - I_T$

- c. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah. Gangguan ini terjadi akibat gangguan hubung singkat satu fasa R/S/T ke tanah, maka pengukuran impedansi dilakukan dengan cara sebagai berikut :
- Arus netral :  $I_n = I_R + I_S + I_T$   
 Kompensasi urutan nol :
- $$K_0 = \frac{1}{3}(Z_0 - Z_1/Z_1)$$
- $$Z_1 = \frac{VR}{(IR + K_0.I_n)} \quad (3.4)$$

Tegangan pada relai :  $V_{\text{relay}} = V_R$   
 Arus pada relai :  $I_{\text{relay}} = I_R + K_0.I_n$

Tabel 2. Tegangan dan arus Masukan Relai

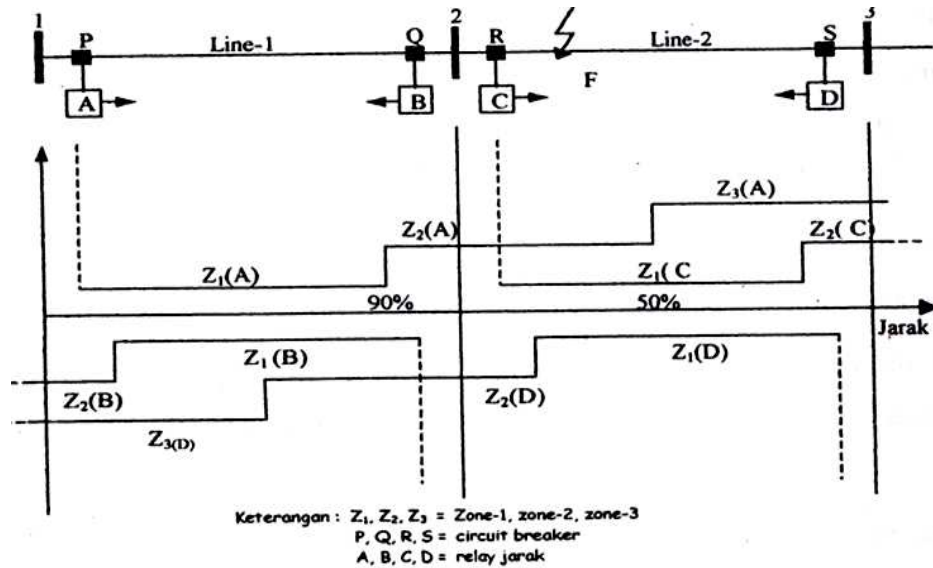
Fasa yang terganggu	Tegangan	Arus
R-N	$V_R$	$I_R + K_0.I_n$
S-N	$V_S$	$I_S + K_0.I_n$
T-N	$V_T$	$I_S + K_0.I_n$

Impedansi urutan nol akan timbul pada gangguan tanah. Adanya  $K_0$  adalah untuk mengkompensasi adanya impedansi urutan nol tersebut. Sehingga impedansi yang terukur menjadi benar.

### 3. Karakteristik *Distance Relay*

Karakteristik relay jarak merupakan penerapan langsung dari prinsip dasar relay jarak.

1. Karakteristik *impedansi*
2. Karakteristik *Mho*
3. Karakteristik *Reaktance*
4. Karakteristik *Quadrilateral*



Gambar 3. Karakteristik Waktu-Jarak pada Sistem Proteksi Saluran Transmisi dengan *Distance Relay*

#### 4. Faktor Yang Mempengaruhi *Distance Relay*

- Pengaruh *Infeed* : Adanya pembangkit pada ujung saluran yang diamankan, Saluran transmisi ganda ke tunggal, Saluran transmisi ganda ke ganda, Saluran transmisi tunggal ke ganda,
- Pengaruh tahanan gangguan (*Fault Resistance*) :Tahanan gangguan satu sumber, Tahanan busur dua sumber.



Gambar 4. Panel Proteksi pada Saluran Transmisi 150 kV  
 (Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2011)

- Mutual Impedansi* : Satu sumber dua sirkit, Dua sumber dua sirkit, Satu sumber dua sirkit yang diground dua sisi
- Ayunan Daya (*Power Swing*) adalah variasi aliran daya dimana relai jarak mendeteksi adalah impedan yang bergerak dari daerah

beban memasuki daerah kerja relai jarak.

- e. Pengaruh Impedansi Sumber :  
 Gangguan fasa-fasa, Gangguan fasa-tanah.

## 5. Metode *Setting* Proteksi *Distance Relay* (Pasayand, M.S.,2011)

### a. *Setting* Zona-1

Pada zona-1 ini, *distance relay* akan di *setting* menjangkau 80%-90% dari saluran transmisi yang akan di proteksi dan selebihnya yaitu antara 10%-20%nya sebagai faktor keamanan untuk mengkompensasi apabila terjadi kesalahan pada perhitungan impedansi saluran transmisi, kesalahan rasio *current transformer*(CT) dan *potential transformer* (PT), maka zona-1 pada *distance relay* ini akan di *setting* sebagai berikut :

$$\text{Zona} - 1 = 0,8 \times Z (\text{line-1}) \quad (3.5)$$

### b. *Setting* Zona-2

Pada dasarnya zona-2 ini dimaksudkan sebagai cadangan untuk zona-1, oleh karena itu zona-2 harus dengan pasti dapat menjangkau bagian dari saluran pertama yang tidak terproteksi oleh zona-1 ditambah sebagian dari saluran pada seksi berikutnya,

*Setting* minimum :

$$\text{Zona-2min} = 1,2 \times Z_{\text{line-1}} \quad (3.6)$$

*Setting* maksimum :

$$\text{Zona-2max} = 0,8 (Z_{\text{line-1}} + 0,8 \times Z_{\text{line-2}}) \quad (3.7)$$

Apabila terdapat pengaruh faktor *infeed* pada daerah proteksi relai, maka pengaruh *infeed* tersebut harus di perhitungkan, maka :

$$\text{Zona} - 2\text{max} = 0,8 (Z_{\text{line-1}} + k \times 0,8 \times Z_{\text{line-2}}) \quad (3.8)$$

Dimana

K = faktor *infeed* maksimum.

$Z_{\text{line-2}}$  = impedansi primitif urutan positif saluran ke dua di depan relai

(dengan memperhatikan syarat-syarat *setting*an).

### c. *Setting* Zona-3

Pada zona-3 ini diusahakan dapat menjangkau seluruh saluran pada seksi berikutnya, tetapi tidak boleh *overlap* dengan zona-3 pada relai seksi berikutnya, maka :

*Setting* minimum :

$$\text{Zona-3 min} = 1,2 (Z_{\text{line-1}} + Z_{\text{line-2}}) \quad (3.9)$$

Jika ada faktor *infeed*, maka :

$$\text{Zona-3min} = 1,2 (Z_{\text{line-1}} + k \times Z_{\text{line-2}}) \quad (3.10)$$

*Setting* Maksimum :

$$\text{Zona-3 max} = 0,8 (Z_{\text{line-1}} + \text{Zona-2}_{\text{next}}) \quad (3.11)$$

Jika ada faktor *infeed*, maka :

$$\text{Zona-3 max} = 0,8 (Z_{\text{line-1}} + k \times \text{Zona-2}_{\text{next}}) \quad (3.12)$$

(dengan memperhatikan syarat-syarat *setting*an)

## HASIL *SETTING*

Pada saluran transmisi dari Gardu Induk Isimu ke Gardu Induk Botupingge merupakan saluran ganda dengan impedansi yang sama, sehingga dalam *setting distance relay*-nya juga sama. Pada *setting relay* ini tidak dipengaruhi oleh faktor *infeed* yang mempengaruhi operasinya, dikarenakan hanya dilakukan *setting* satu gawang.

Data-data yang akan digunakan untuk menghitung *setting distance relay* adalah sebagai berikut :

### Primary Equipment

- Current Transformer : 800 : 1
- Potensial Transformer :  $150.000/\sqrt{3}$  :  $100/\sqrt{3}$

### Data Impedansi Jaringan

- Panjang Jaringan : 36,97 km
- $Z_{\text{PL}}$  :  $0,118 + j.0,42 = 0,43626 < 74,31^\circ \Omega/\text{km}$ .
- $Z_{\text{OL}}$  :  $0,545 + j.1,639 = 1,72724 < 71,61^\circ \Omega/\text{km}$ .



Maka :

- $Z_{PLPrimer} : 4,3625 + j.15,527 = 16,1286 < 74,1^0 \Omega$
- $Z_{PLSekunder} : 2,3266 + j.8,2813 = 8,60191 < 74,1^0 \Omega$
- $Z_{OLPrimer} : 20,149 + j.60,594 = 63,8559 < 71,61^0 \Omega$
- $Z_{OLSekunder} : 10,746 + j.32,317 = 34,0565 < 71,61^0 \Omega$

## 1. Setting Gardu Induk Isimu

### a. Setting Zona-1

Pada saluran transmisi ini menggunakan *current transformer* dengan rasio 800 : 1 dan *potensial transformer* dengan rasio 150.000 : 100. Dengan demikian impedansi di sisi sekunder CT dan PT serta *setting* pada Zona-1 berdasarkan rumus pada (3.5) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z_{s(1-2)} &= Z_{p(1-2)} \times (\text{CT ratio}) / (\text{PT ratio}) \\ &= 8,60191 < 74,31^0 \Omega \end{aligned}$$

Maka, *setting* Zona-1 pada sisi sekunder adalah :

$$\begin{aligned} Z_1(\text{pos}) &= (2,3266 + j 8,2813) \times 0,8 \\ &= 6,882 < 74,31^0 \Omega \end{aligned}$$

*Time Operasi* pada Zona-1 adalah Seketika (*Instantaneous*).

Berdasarkan perhitungan diatas, maka *setting distance relay* zona-1 dipilih  $6,882 < 74,31^0 \Omega$  dengan waktu operasi *instantaneous*.

### b. Setting Zona-2

Pada *setting* zona-2 dihitung juga pengaruh faktor *infeed* dan Reaktansi trafo *step down* di GI. Botupingge. Sesuai dengan persamaan (3.8).

Reaktansi trafo *Step Down* GI. Botupingge

$$\begin{aligned} (X_{\text{trafo}}) &= 0 + j 145,91 = 145,91 < 90^0 \Omega \end{aligned}$$

Impedansi Transmisi *Line 2* GI. Botupingge-Isimu :

$$\begin{aligned} (Z_{BC}) &= 5,546 + j 19,74 = 20,50 < 74,31^0 \Omega \end{aligned}$$

*Setting minimum* :

$$\begin{aligned} \text{Zona-2 min} &= 10,32 < 74,31^0 \Omega \\ &\text{atau } 2,792 + j9,9375 \end{aligned}$$

*Setting Maksimum* :

$$\text{Zona-2 maks} = 12,39 < 74,31^0 \Omega$$

$$\text{Zona-2 Trafo} = 47,25 < 87,18^0 \Omega$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dan syarat-syarat dalam *setting* relai jarak ini, maka dipilih *Zone-2* =  $12,39 < 74,31^0 \Omega$  (Jika dari hasil perhitungan diperoleh *Zona-2max* lebih besar dari *Zona-2min*, maka dipilih *Zona-2 max* sebagai *setting distance relay* pada zona-2) dengan waktu operasi yaitu 400 mS.

### c. Setting Zona-3

Pada *setting* zona-3 dihitung juga pengaruh faktor *infeed* dan Reaktansi trafo *step down* di GI. Botupingge. *Setting* minimum zona-3 dengan menggunakan persamaan (3.10) dan *setting* maksimum zona-3 menggunakan persamaan (3.12)

$$X_{\text{Trafo}} = 0 + j 145,91 = 145 < 90^0 \Omega$$

$$\begin{aligned} Z_{BC} &= 4,3625 + j 15,527 = 16,13 < 74,31^0 \Omega \end{aligned}$$

$$Z_{CD} = 0 + j 0 = 0$$

*Setting minimum* :

$$\begin{aligned} \text{Zona-3 min} &= 1,2 (Z_{\text{line-1}} + k.Z_{\text{line-2}}) \\ &= 20,64 < 74,31^0 \Omega \end{aligned}$$

*Setting Maksimum* :

$$\begin{aligned} \text{Zona-3 maks} &= 0,8 (Z_{\text{line-1}} + k. \\ &\quad \text{Zona-2next}) \\ &= 12,39 < 74,31^0 \Omega \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dan syarat-syarat dalam *setting* relai jarak ini, maka dipilih *Zona-3* =  $20,64 < 74,31^0 \Omega$  (Jika dari hasil perhitungan diperoleh *zona-3max* lebih besar dari *zona-3min*, maka dipilih *zona-3 max* sebagai *setting distance relay* pada zona-3) dengan waktu operasi yaitu 800 mS.

## 2. Setting Gardu Induk Botupingge

### a. Setting Zona-1

Pada saluran transmisi ini menggunakan *current transformer* dengan rasio 800 : 1 dan *potensial*



transformer dengan rasio 150.000 : 100, dengan demikian impedansi di sisi sekunder trafo CT dan PT adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z_{s(1-2)} &= Z_p(1-2) \times (\text{CT ratio}) / (\text{PT ratio}) \\ &= 8,60191 < 74,310^\circ \Omega \\ \text{sisi sekunder adalah} &= 6,882 < 74,310^\circ \Omega \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka setting zona-1 dipilih 6,882 < 74,310<sup>0</sup>Ω dengan waktu operasi *instantaneous*.

b. *Setting Zona-2*

Pada *setting* zona-3 dihitung juga pengaruh faktor *infeed* dan Reaktansi trafo *step down*.

$$\begin{aligned} \text{Reaktansi trafo Step Down Isimu} \\ (X_{\text{trafo}}) &= 0 + j 145,91 = 145,91 < 900^\circ \Omega \end{aligned}$$

Impedansi Transmisi *Line 2* Isimu-PLTU

$$(Z_{BC}) = 6,254 + j 22,26 = 23,12 < 74,310^\circ \Omega$$

*Setting minimum :*

$$\begin{aligned} \text{Zona-2 min} &= 1,2 \times Z_{s(1-2)} \\ &= 10,32 < 74,310^\circ \Omega \\ \text{atau} \\ &= 2,792 + j 9,9375 \end{aligned}$$

*Setting Maksimum :*

$$\text{Zona-2max} = 14,77 < 74,310^\circ \Omega$$

$$\text{Zona-2trafo} = 47,25 < 87,18^\circ \Omega$$

Maka dipilih Zona-2 = 14,77 < 74,31<sup>0</sup> Ω (Jika dari hasil perhitungan diperoleh zona-2max lebih besar dari zona-2min , maka dipilih zona-2max sebagai setting

*distance relay* pada zona-2) dengan waktu operasi yaitu 400 mS.

c. *Setting Zona-3*

$$X_{\text{Trafo}} = 0 + j 145,91 = 145 < 90^\circ \Omega$$

(trafo *step down* Isimu)

$$\begin{aligned} Z_{BC} &= 6,524 + j 22,26 = 23,12 < 74,310^\circ \Omega \end{aligned}$$

(Ztransmisi Isimu-PLTU)

$$\begin{aligned} Z_{CD} &= 5,9 + j 21 = 21,81 < 74,310^\circ \Omega \end{aligned}$$

(Ztransmisi PLTU-Boroko)

*Setting minimum :*

$$\begin{aligned} \text{Zona-3 min} &= 1,2 (Z_{\text{line-1}} + k.Z_{\text{line-2}}) \\ &= 25,12 < 74,310^\circ \Omega \end{aligned}$$

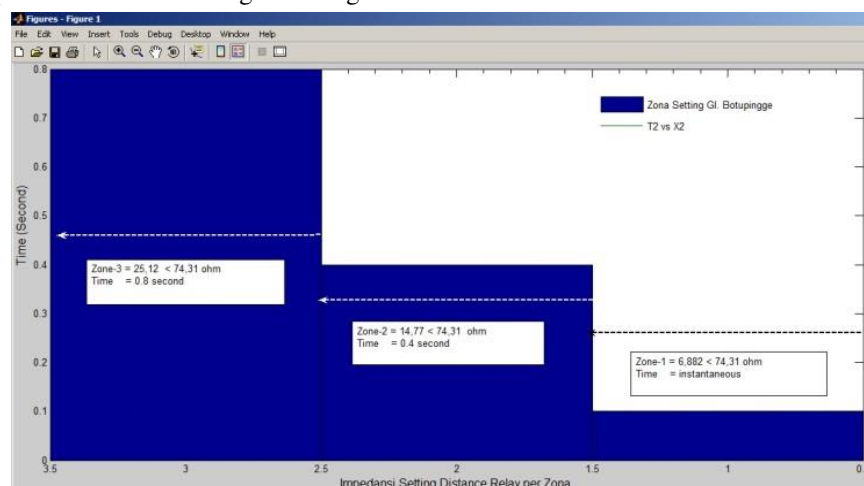
*Setting Maksimum :*

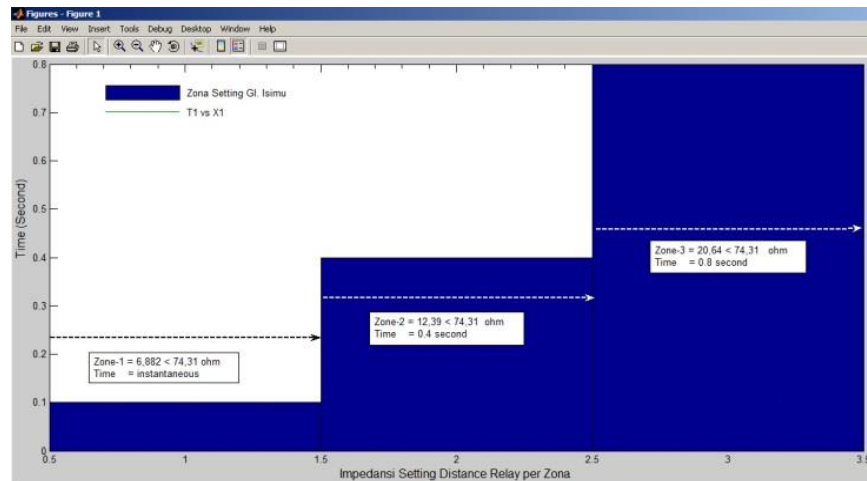
$$\begin{aligned} \text{Zona-3 max} &= 0,8 (Z_{\text{line-1}} + k.Z_{\text{Zona-2next}}) \\ &= 20,73 < 74,310^\circ \Omega \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dan syarat-syarat dalam penyetelan relai jarak ini, maka dipilih Zona-3 = 25,12 < 74,31<sup>0</sup> Ω (Jika dari hasil perhitungan diperoleh zona-3max lebih besar dari zona-3min , maka dipilih zona-3 maks sebagai *setting distance relay* pada zona-3) dengan waktu operasi yaitu 800 mS.

## PEMBAHASAN

Hasil perhitungan *setting distance relay* proteksi yang penulis lakukan pada sub-bab sebelumnya, didapatkan hasil seperti yang ada pada gambar berikut ini dengan menggunakan *Simulink* Matlab7.0.4, dan tabel berikut ini :





Gambar 5. Impedansi *Setting Distance Relay* per-zona pada GI. Isimu dan GI.Botupingge.  
 (Sumber : Matlab7.0.4)

Dari gambar di atas dapat terlihat besar sudut impedansi sangat mempengaruhi wilayah kerja dari zona proteksi. Koordinasi yang membagi zona kerja terhadap gangguan yang terjadi pada wilayah tersebut. Gangguan akan direspon lebih

cepat dan lebih sensitif. Diharapkan dimana tidak ada lagi terjadi *overlap* diantara proteksi penghantar di depannya.

Rekapitulasi hasil *setting distance relay* pada masing-masing gardu induk ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Hasil *Setting Distance Relay* untuk Masing-masing Zona

Lokasi Relay		Hasil <i>setting</i>			Ket
N o	Zona	Gardu Induk Isimu ( <i>Line 1,2</i> )			
1	Z1	$6,882 < 74,31^0 \Omega$	T1	<i>Instantaneous</i>	✓
	Z2	$12,39 < 74,31^0 \Omega$	T2	0,4 second	✓
	Z3	$20,64 < 74,31^0 \Omega$	T3	0,8 second	✓
	Zona	Gardu Induk Botupingge ( <i>Line 1,2</i> )			
2	Z1	$6,882 < 74,31^0 \Omega$	T1	<i>Instantaneous</i>	✓
	Z2	$14,77 < 74,31^0 \Omega$	T2	0,4 second	✓
	Z3	$25,12 < 74,31^0 \Omega$	T3	0,8 second	✓

Sumber : Analisa

Pada gambar dan tabel di atas, dijelaskan bahwa dari hasil perhitungan didapatkan hasil *setting* relai proteksi sebagai berikut :

- Zona-1 untuk gardu induk isimu dan gardu induk botupingge adalah sebesar  $6,882 < 74,31^0 \Omega$ , dengan waktu operasinya seketika (*instantaneous*).
- Zona-2 untuk gardu induk isimu adalah  $12,39 < 74,31^0 \Omega$ , sedangkan untuk

gardu induk botupingge adalah  $14,77 < 74,31^0 \Omega$  dengan waktu operasi sebesar 0,4 *second*.

- Zona-3 untuk gardu induk isimu adalah  $20,64 < 74,31^0 \Omega$ , sedangkan untuk gardu induk botupingge adalah  $25,12 < 74,31^0 \Omega$  dengan waktu operasinya sebesar 0,8 *second*.

## PENUTUP

## KESIMPULAN

Hasil perhitungan *Setting Distance Protection Relay* yang telah didapatkan setelah adanya penambahan transmisi dan dua unit pembangkit baru adalah sebagai berikut :

1. Zona-1
  - a. Gardu Induk Isimu  $6,882 < 74,31^0 \Omega$ .
  - b. Gardu Induk Botupingge adalah  $6,882 < 74,31^0 \Omega$ .
  - c. Dengan waktu operasi Seketika (*Instantaneous*).
2. Zona-2
  - a. Gardu induk Isimu adalah  $12,39 < 74,31^0 \Omega$ .
  - b. Gardu Induk Botupingge adalah  $14,77 < 74,31^0 \Omega$ .
  - c. Dengan waktu operasi adalah  $0,4 \text{Second}$ .
3. Zona-3
  - a. Gardu induk Isimu adalah  $20,64 < 74,31^0 \Omega$ .
  - b. Gardu Induk Botupingge adalah  $25,12 < 74,31^0 \Omega$ .
  - c. Dengan waktu operasi untuk zona-2 adalah  $0,8 \text{Second}$ .

## SARAN

Untuk memperoleh koordinasi yang baik antara sistem proteksi yang kita *setting* dengan sistem *switch* yang melindungi peralatan seperti transformator dan generator, maka sebaiknya waktu operasinya dikoordinasikan dengan relai yang melindungi peralatan tersebut, sehingga tidak mengakibatkan kesalahan operasi dari sistem proteksi yang ada.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, P. M. Power System Protection, 1999 :IEEE Press, New York
- Abidin, F.A., Mohamed, A., Shareef, H. 2011. Intelligent detection of unstable

power swing for correct distance relay operation using S-transform and neural networks, *Elsevier*, Expert System with Application (38): 14969-14975.

- Aljufri, T.R., Supradono, B., Assaffat., 2011. Scanning dan Resetting Distance Relay pada Penghantar 150 KV Kudus Arah Jekulo. *Media Elekrika*, Vol. 04 No.2.

- Blume, S.W., 2007. Electrical Power System Basic; For the Nonelectrical Profesional, *IEEE Press*. Canada

- Gilany, M., Al-Kandari, A.M., Madouh, Y., 2008. A New Strategy for Determining Fault Zones in Distance Relays. *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 23, No. 4.

- Hewitson, L.G., Brown, M., Ramesh., Balakrishnan., 2004. Practical Power System Protection, *Elsevier*, Oxford.

- Kadir., A., 1998. Transmisi Tenaga Listrik, *UI-Press*, Jakarta, Indonesia.

- Mohamad, N.Z., Abidin, A.F. 2012. A New Technique for High Resistance Fault Detection during Power Swing for Distance Relay, *Elsevier*, AASRI Procedia (2): 50-55.

- Pasayand, M.S., Seyedi, H., 2011. Simulation, Analysis and Setting of Distance Relays on Double Circuit Transmission Lines, *ITEE*. Queensland.

- PT. PLN (Persero) P3B Jawa-Bali. 2006. Pelatihan O&M Relai Proteksi Jaringan. Ed. 04

- PT. PLN (Persero), 2010. Buku Pelatihan Sistem Proteksi Saluran Transmisi, Gorontalo

- PT. PLN (Persero). 2009. Buku Panduan Penyetelan Distance Relay, Gorontalo

- Syafar, A.M., 2010. Studi Keandalan Distance Relay Jaringan 150 KVGI Tello - GI Pare-Pare, *Media Elektrik*. Vol. 5 No.2.

- Vaidya, A.P., Venikar, P.A., 2012. Distance Protection Scheme For Protection of Long Transmission Line Considering the Effect of Fault Resistance By Using the

ANN Approach, *IJEEE*, 2231 – 5284,  
Vol-1, Iss-3.

Yang, Z., Shi, D., Duan, X., 2006. Optimal  
Coordination of Distance Relays in  
Interconnected Power Systems, *IEEE*,  
International Conference on Power  
System Technology.